

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-071683

(43)Date of publication of application : 27.03.1991

(51)Int.Cl.

H01S 3/08

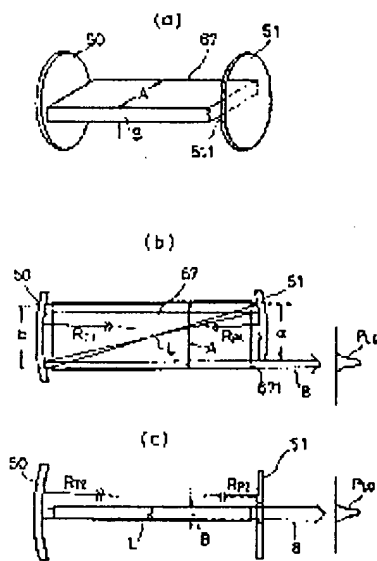
(21)Application number : 01-206979

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 11.08.1989

(72)Inventor : NISHIMAE JUNICHI
YOSHIZAWA KENJI
TAKI MASAKAZU

(54) GAS LASER DEVICE



(57)Abstract:

PURPOSE: To improve a resonator in stability as a whole by a method wherein reflecting surfaces most adapted to an unstable type resonator are made to work on the broad side of a discharge space in cross section to constitute an unstable resonator of negative branch, and reflecting surfaces most adapted to an optical waveguide resonator are made to work on the narrow side of the discharge space in cross section to constitute an optical waveguide resonator.

CONSTITUTION: The reflecting surfaces possessed of a first curvature of mirrors 50 and 51 are combined to constitute an unstable type resonator of negative branch in a discharge space in the direction of one-dimensional A or a longer side of the discharge space in cross section, and the reflecting surfaces of a second curvature constitute an optical waveguide resonator in the direction of one-dimensional B or a shorter side of the discharge space in cross section. Therefore, there is a focal point in the resonator, but light rays 8 do not concentrate on a

single point but on a line, so that the light rays 8 are decreased in concentration rate and problems such as optical damage and the like caused by the concentration of light can be prevented, and moreover a feature that an unstable type resonator of negative branch is insensitive to the inclination of reflecting mirrors is displayed to the utmost. By this setup, a gas laser device of excellent stability can be obtained.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A) 平3-71683

⑤Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬公開 平成3年(1991)3月27日

H 01 S 3/08

6940-5F H 01 S 3/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑭発明の名称 気体レーザー装置

⑯特 願 平1-206979

⑰出 願 平1(1989)8月11日

⑱発明者 西 前 順 一 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社
中央研究所内

⑲発明者 吉 沢 憲 治 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社
中央研究所内

⑳発明者 滝 正 和 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社
中央研究所内

㉑出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

㉒代 理 人 弁理士 佐々木 宗治 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

気体レーザー装置

2. 特許請求の範囲

レーザー気体の励起を放電により行なう気体レーザー装置において、放電によるレーザー気体の励起が行なわれる放電空間を、レーザー光軸方向に垂直な断面の縦と横の寸法が異なる偏平なスラブ状に形成し、この放電空間の両端に夫々レーザー共振器ミラーを配置すると共に少なくとも一方のミラーは一方向に第1の曲率の反射面とこれと直交する方向には第2の曲率の反射面とを持った非対称凹面鏡を用いて、放電空間断面における寸法の長い方の1次元については前記第1の曲率の反射面を作用させて、負ブランチの不安定型共振器を構成し、放電空間断面における寸法の短い方については前記第2の曲率の反射面を作用させて光導波路共振器を構成し、さらに、放電空間断面における寸法の長い方の一端部からレーザービームを取り出すようにしたことを特徴とする気体レーザー装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は、レーザー気体の励起が行なわれる放電空間が、偏平なスラブ状をしている気体レーザー装置に関し、特にそのレーザー共振器の安定性の向上に関するものである。

〔従来の技術〕

第5図は特開昭63-192285号公報に示された従来の気体レーザー装置の概略断面図、第6図はこのレーザー装置の共振器の構成を示す概略平面図である。図において、(11)は72MHz高周波発生器、(21)は電力整合回路、(22)は高周波ケーブル、(23)は絶縁フィードスルー、(71)、(72)は電極、(73)、(74)は電極の表面で光学反射面に研磨してある。(75)は放電用隙間、(76)、(77)は電極(71)(77)を絶縁するスペーサ、(78)はU字形をした基部で、電極(71)、(72)とスペーサ(76)、(77)よりなる組立体が基部(78)上に取付けられ、U字形の基部(78)は蓋(79)により閉じられ、セラミック絶縁材(80)が蓋(79)と電極(71)との間に配設されて

いる。また、レーザ共振器は第6図に示すように、凹球面の全反射鏡(52)と凸球面の全反射鏡(53)とから構成されている。

上記のように構成された従来の気体レーザ装置においては、高周波発生器(11)により発生された高周波は電力整合器(21)を介して、ケーブル(22)を通過して電極(71)・(72)間に印加される。電極(71)・(72)間の放電用隙間(75)にはレーザ気体が充填されており、電極(71)・(72)間に印加された高周波によりレーザ気体が放電励起される。このように、反射鏡(52)と(53)とで構成されるレーザ共振器内に、励起されたレーザ気体が存在するため、レーザ発振が行なわれる。このとき、電極(71)・(72)間を2mmにし、電極(71)・(72)の縁と凸面鏡(53)の縁との間の距離を2mmとすることにより一辺が、約2mmの方形ビームが得られる。このビームはレーザ共振器から一定距離離れるとガウス型円形ビームとなる。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記のような従来の気体レーザ装置では、レー

ザ共振器が凹面鏡と凸面鏡の組み合わせの、いわゆる正ブランチ不安定型共振器となっているため、反射鏡の傾きに非常に敏感で、反射鏡の傾きの調整が行ない難く、しかも温度による変形等で調整が狂い易いため、共振器の安定性の確保が難しいといった問題点があった。

この発明は、かかる問題点を解決するためになされたもので、反射鏡の傾きに鈍感で、反射鏡の傾きの調整が容易で、安定性の良い気体レーザ装置を得ることを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

この発明に係る気体レーザ装置は、放電空間を、レーザ光軸方向に垂直な断面の縦と横の寸法が異なる偏平なスラグ状に形成し、この放電空間の両端に夫々レーザ共振器ミラーを配置すると共に少なくとも一方のミラーは一方向に第1の曲率の反射面と、これと直交する方向には第2の曲率の反射面とを持った非対称凹面鏡として、放電空間断面における寸法の長い方の1次元については第1の曲率の反射面を作用させて負ブランチの不安定

型共振器を構成し、放電空間断面における寸法の短い方の1次元については第2の曲率の反射面を作用させて光導波路共振器を構成し、さらに、放電空間断面における寸法の長い方の一端部からレーザビームを取り出すものである。

〔作用〕

この発明においては、放電空間断面における寸法の長い方の1次元については、第1の曲率の反射面を作用させて負ブランチの不安定型共振器を構成し、放電空間断面における寸法の短い方の1次元については第2の曲率の反射面を作用させて光導波路共振器を構成しているから、共振器内に焦点はあるが、光が集中するのは一点でなく一線となり、通常の間筒軸対称の共振器を負ブランチとした場合に比し光の集中の割合が大きく低減され、光学損傷等光の集中による問題が生じることなく、しかも負ブランチの不安定型共振器の反射鏡の傾きに鈍感である特長が最大限に発揮される。さらに、光導波路共振器側についても良質のビームモードが得られる。

〔実施例〕

第1図(a)はこの発明の一実施例における共振器を示す斜視図、第1図(b)は第1図(a)に示す共振器の不安定型共振器側の概要を示す平面図、第1図(c)は第1図(a)に示す共振器の光導波路共振器側の概要を示す側面図である。

第1図(a)・(b)及び(c)において、(50)は全反射ミラーである。この全反射ミラー(50)は不安定型共振器に最適な第1の曲率の反射面と光導波路共振器に最適な第2の曲率の反射面とを持った非対称凹面鏡で、この実施例ではトロイダルミラーである。(51)は出口全反射ミラーである。この出口反射ミラー(51)もミラー(50)と同様の第1の曲率の反射面と第2の曲率の反射面とを持った非対称凹面鏡で、この実施例ではシリンドリカルミラーである。なお、上記の第1の曲率と第2の曲率は互いに直交する方向における曲率である。また、上記のような第1の曲率と第2の曲率の反射面を持った凹面鏡をこの明細書では非対称凹面鏡と称することにする。

(67)は放電空間で、第5図における電極(71)、(72)の表面で囲まれた放電用隙間(75)に相当する空間である。この放電空間(67)は、レーザ光軸方向に垂直な断面の縦と横の寸法(A及びB)が異なる扁平なスラブ状に形成されており、寸法Bはレーザ波長に対し光導波路の寸法としてある。なお、放電空間(67)の図示は簡略化して輪郭のみ示してある。この放電空間(67)に対し、ミラー(50)、(51)は第1図(a)に示す平面図で見たとき、A方向の1次元に光を拡大するように、第1の曲率の反射面同士を対向させて配置し、第1図(b)に示すように第1図(a)と直交する方向から見たとき、第2の曲率の反射面同士を対向させて配置してある。

以上のように構成された共振器は、放電空間断面における寸法の長い方の1次元については、つまり図示のA方向についてはミラー(50)及び(51)の第1の曲率の反射面を組み合わせた負ブランチの不安定型共振器となっており、放電空間断面における寸法の短い方の1次元については、つまり

(51)にはビーム取り出し部(511)が設けてある。このレーザビーム取り出し部(511)は、この実施例ではミラー(51)の一部を切欠いて直線状のアパーチャを形成したものである。

上記実施例では、ミラー(50)にトロイダルミラー、ミラー(51)にシリンダカルミラーを用いているが、両方共トロイダルミラーを用いてもよくまた、一方のみをトロイダルミラー又はシリンダカルミラーとし、もう一方を球面の凹面鏡とした場合でも、両方とも球面の凹面鏡を用いたものに比し、光導波路共振器側のモードを良好なものにすることができる。

なお、図において、 P_{L0} はミラー(51)から取り出されるレーザ光強度分布を示しており、 R_{T1} 及び R_{T2} はミラー(50)の第1及び第2曲率半径、 R_{P1} 及び R_{P2} はミラー(51)の第1及び第2の曲率半径である。また、a及びbはミラーの有効長さを示している。

次に、不安定型共振器の機械的変動、つまりミラーの傾き(以下、ミスアライメントと記す)に

図示のB方向については、第2の曲率の反射面による光導波路共振器になっている。

ところで、ミラー(50)、(51)を不安定型共振器に適した曲率を持った球面の凹面鏡を用いた場合、光導波路共振器側については光導波路共振器に適した曲率になっていないため、光導波路の高次モードが励振され強いサイドロブが発生する恐れがあり、いわゆる最低次のシングルモードになり難い。この共振器は、B方向については曲率を変えて、放電空間断面における寸法の短い方の1次元について、光導波路モードのうち最低次のシングルモードが効率良く励振される曲率にするため、高次の光導波路モードが励振され難く円形の良質なモードでレーザ発振させることができる。

さらに、負ブランチの不安定型共振器は、放電空間断面の寸法が長い方の一端部(671)からのみレーザビーム(8)を取り出すために、レーザ光軸を放電空間の中心軸よりずらしてある。即ち、ミラー(50)及び(51)の少なくとも一方は放電空間の中心軸に対し傾けて配置してある。また、ミラー

に対する感度について説明する。

第2図は正ブランチ不安定型共振器のミスアライメント感度を説明する説明図、第3図は負ブランチ不安定型共振器のミスアライメント感度を説明する説明図である。第2図及び第3図において(1)及び(2)はミラーで、第2図では第5図のミラー(52)及びミラー(53)を示し、第3図では第1図のミラー(50)及びミラー(51)を示している。eはミラー(2)の曲率中心、fはもともとのミラー(1)の曲率中心、gはずれたミラー(1)の曲率中心、 θ はミラー(1)のずれ角、 ϕ は光軸のずれ角である。なお、光軸は曲率中心を結んだ線、即ち両方のミラー面に垂直な線で、ミラー(1)がずれた場合、即ちミラー(1)が傾いた場合 \overline{ef} から \overline{eg} へ変化する。dはずれた光軸を示している。

不安定型共振器のミスアライメントに対する感度は、学会誌(IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, DECEMBER 1969, P.579)に記載されているように、下記(1)～(3)式で表わされる。

$$M = \frac{\phi}{\theta} \quad \dots (1)$$

$$M_+ = \frac{2m}{m-1} \quad (\text{正ブランチ}) \quad \dots (2)$$

$$M_- = \frac{2m}{m+1} \quad (\text{負ブランチ}) \quad \dots (3)$$

ここで、 m は拡大率で共焦点(Confocal)共振器においてはミラーの曲率比で考えられる。

$$m = \frac{R_1}{R_2} \quad (\text{負ブランチ}) \quad \dots (4)$$

$$m = -\frac{R_1}{R_2} \quad (\text{正ブランチ}) \quad \dots (5)$$

R_1 、 R_2 はミラー(1)及び(2)の曲率半径で、凸曲率と凹曲率を±符号で区別しているため(5)式は負となる。

この m は、幾何(光)学的にはエッジやアパーチャによって制限されたミラーの有効長さ(第1図、第6図に示す a 及び b)の比になる。

面寸法Bの方)については関係がない。

所で、負ブランチの不安定型共振器は、共振器内に焦点があり、通常の円筒軸対称の共振器に用いると共振器内に光が集中する一点が生じ光学損傷等の問題があるため、一般にはほとんど用いられていない。これに対し、この発明は放電空間断面における寸法の短い方の1次元は光導波路共振器を構成した通常の円筒軸対称でない共振器において、負ブランチの不安定型共振器を適用したものである。このため、共振器内に焦点があるが、光が集中するのは一点でなく一線(第1図(b)及び(c)における L)となり、通常の円筒軸対称の共振器に適用した場合に比し光の集中の割合が大きく低減され、光学損傷等の光の集中による問題が生じることなく、しかも負ブランチの不安定型の反射鏡の傾きに鈍感である特長を最大限に発揮できるものとなる。

放電空間長400 mm、断面寸法 2×20 mmの例では、第4図に示すように正ブランチの共振器では出力25W程度からミラーの歪によりモードがくずれ、

$$m = \frac{b}{a} \quad \dots (6)$$

なお、ミラーの有効長さとはエッジやアパーチャにより制限されて、実際に光の当たっているミラーの部分である。(軸対称の場合は有効径になる)即ち、拡大率とは、共振器内における拡大される前のビームの大きさと拡大後のビームの大きさの比である。

第1図に従って試作した CO_2 レーザの例では、放電空間長400 mm、断面寸法 2×20 mmであり、適当な出力結合率10%と出射ビームの対称性が両立するように拡大率 m は1.1程度に設計されている。この場合 $M_+ \approx 22$ 、 $M_- \approx 1$ となる。

従って、負ブランチのミスアライメント感度は正ブランチのミスアライメント感度の $1/22$ となる。即ち、ミラーが傾いたことによる光軸のずれは負ブランチの方がはるかに少い。従って、共振器の安定性が向上する。

なお、この発明では、拡大率 m は不安定側(断面寸法Aの方)のみで定義され、光導波路側(断

面寸法Bの方)については関係がない。出力が飽和してしまうが、負ブランチの共振器では80W以上が得られた。負ブランチでも、ミラーに凹球面鏡を用いた場合は、出力は80W以上が得られたものの、光導波路方向(寸法の短い方の1次元方向)に強いサイドロブが生じ、円形のモードが得られなかったのに対し、ミラーをトロイダルミラーにすることで、ほぼ円形的良好なモードが得られた。

また、負ブランチの方がミラーの曲率半径が小さくなるため、曲率としては大きくなり形状誤差に対する曲率誤差が小となる。同じ形状誤差(精度)に対して曲率半径の誤差(精度)は目標曲率半径に対してほぼ2乗で大きくなり、ミラー製作上の精度の良さの点でも負ブランチの方が有利である。例えば、前記の CO_2 レーザの例で $\pm 0.5 \mu m$ の形状誤差で $\phi 30$ mm程度のミラーを使用しているが、負ブランチの場合、不安定型の曲率は約400で ± 0.5 mmの誤差であるが、正ブランチの場合曲率が約9000で ± 200 mmの誤差となり、正ブランチでは共焦点からのずれが大きく、拡大率も目

標からずれ、光の制御が設計通りいかなかった。

上記実施例は、高周波電界により放電を発生させレーザ気体を励起するものであるが、特開昭63-186483号公報に開示されているような、マイクロ波回路の一部を構成する導電体壁と、この導電体壁に対向して設けられた誘電体との間にレーザ光軸方向に垂直な断面の縦と横の寸法が異なる空間を形成し、この空間にレーザ気体を封入すると共にマイクロ波電界により放電破壊させてプラズマを発生させレーザ気体を励起する気体レーザ装置に実施しても同様の効果が得られる。

また、ミラー(51)のレーザビーム取り出し部(511)は、直線状のアーチャを形成しているが、放電空間断面の短い方の寸法より充分大きな直径のミラーであれば、円形ミラーを用いても問題ない。

〔発明の効果〕

この発明は以上説明したとおり、放電空間断面における寸法の長い方の1次元については不安定型共振器に最適な第1の曲率の反射面を作用させ

て負ブランチの不安定型共振器を構成し、放電空間断面における寸法の短い方の1次元については光導波路共振器に最適な第2の曲率の反射面を作用させて光導波路共振器を構成しているから、共振器内に焦点はあるが、光が集中するのは一点でなく一線となり、光学損傷等光の集中による問題が生じることなく、負ブランチの不安定型共振器の反射鏡の傾きに鈍感である特長が最大限に発揮され、さらに光導波路共振器側についても良質のビームモードが得られ、共振器の安定性が総合的に向上するという効果がある。

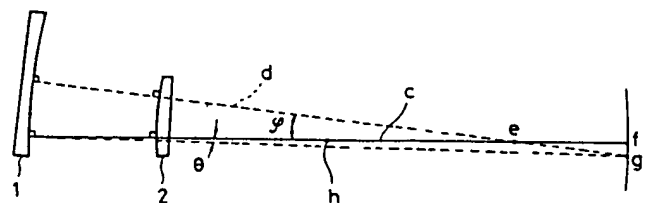
4. 図面の簡単な説明

第1図(a)はこの発明の一実施例における共振器を示す斜視図、第1図(b)は第1図(a)に示す共振器の不安定型共振器側の概要を示す平面図、第1図(c)は第1図(a)に示す共振器の光導波路共振器側の概要を示す側面図、第2図は正ブランチ不安定型共振器のミスアライメント感度を説明する説明図、第3図は負ブランチ不安定型共振器のミスアライメント感度を説明する説明図、第4

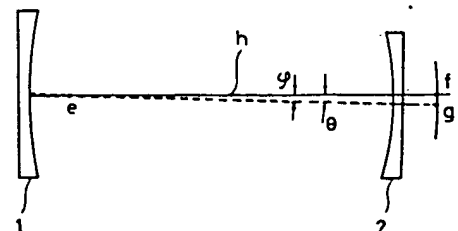
図は正ブランチおよび負ブランチ不安定型共振器による CO_2 レーザ発振器の特性を示すグラフ、第5図は従来の気体レーザ装置の概略断面図、第6図は第5図に示す気体レーザ装置の共振器の構成を示す概略平面図である。

図において、(50)は全反射ミラー（非対称凹面鏡）、(51)は出口全反射ミラー（非対称凹面鏡）、(511)はレーザビーム取り出し部、(67)は放電空間、(8)はレーザビーム、Aは放電空間断面における長い方の寸法、Bは放電空間断面における短い方の寸法である。

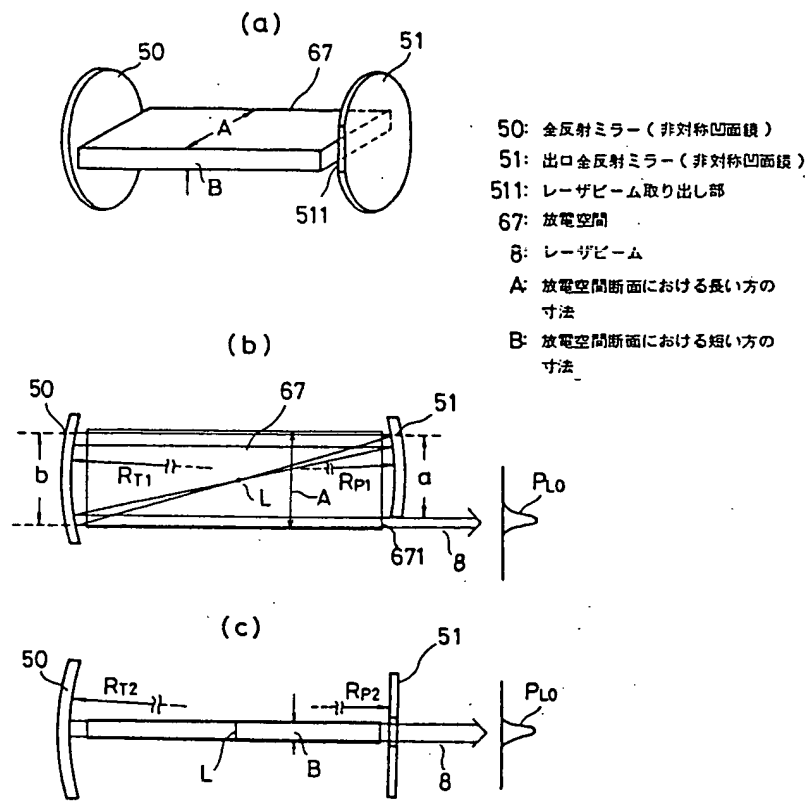
なお、図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。



第2図

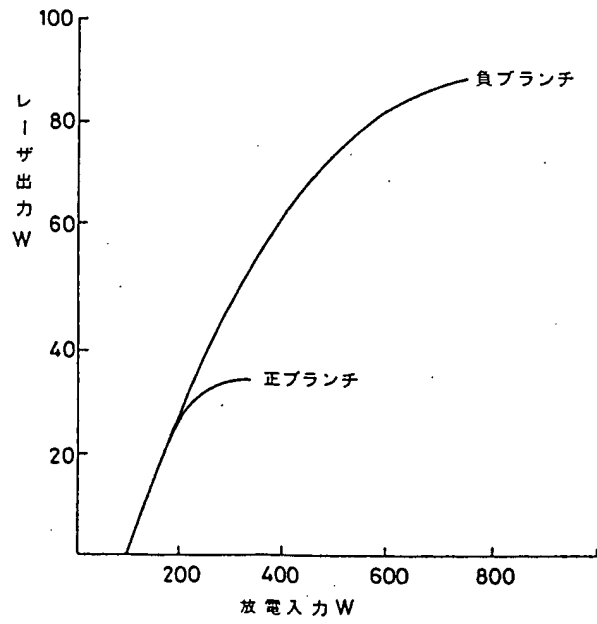


第3図

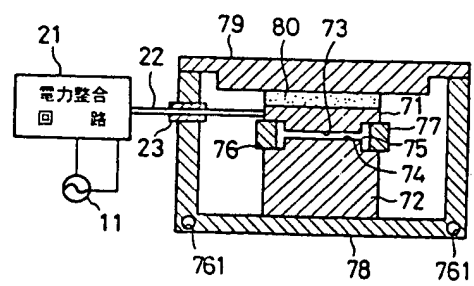


- 50: 全反射ミラー（非対称凹面鏡）
- 51: 出口全反射ミラー（非対称凹面鏡）
- 511: レーザビーム取り出し部
- 67: 放電空間
- 8: レーザビーム
- A: 放電空間断面における長い方の寸法
- B: 放電空間断面における短い方の寸法

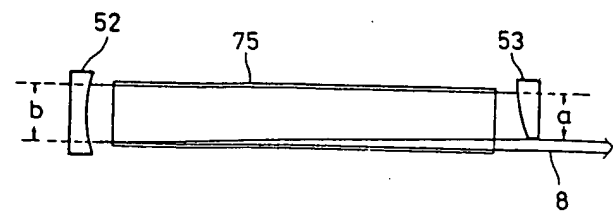
第 1 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図